

Riesgos que actúan sobre el medio ambiente de la ciudad de Santiago

Profesor Víctor QUINTANILLA
Departamento Ingeniería C. Geográfica
Universidad de Santiago de Chile

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA METRÓPOLI DE SANTIAGO

La capital de Chile se localiza aproximadamente entre los 32°55" y los 34°17" sur y entre los 69°47" y los 71°43" oeste y se encuentra a unos 540 metros sobre el nivel del mar.

Está inserta en el área administrativa del país conocida como Región Metropolitana, la cual posee una superficie de 15.554,51 kilómetros cuadrados, que comparada con la superficie de todo el país (excluyendo la del territorio antártico) sólo representa el 2,05 por 100 del total nacional, constituyéndose en la región más pequeña de la nación. El área urbana construida de la capital actualmente ha alcanzado alrededor de las 44.000 hectáreas, sobre la cual viven 4.300.000 personas (Fig. 1).

INFLUENCIA DE LA SITUACIÓN TOPOGRÁFICA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO

Desde el punto de vista de su geomorfología la Región Metropolitana de Santiago de Chile se caracteriza por presentar un espacio en el cual es posi-

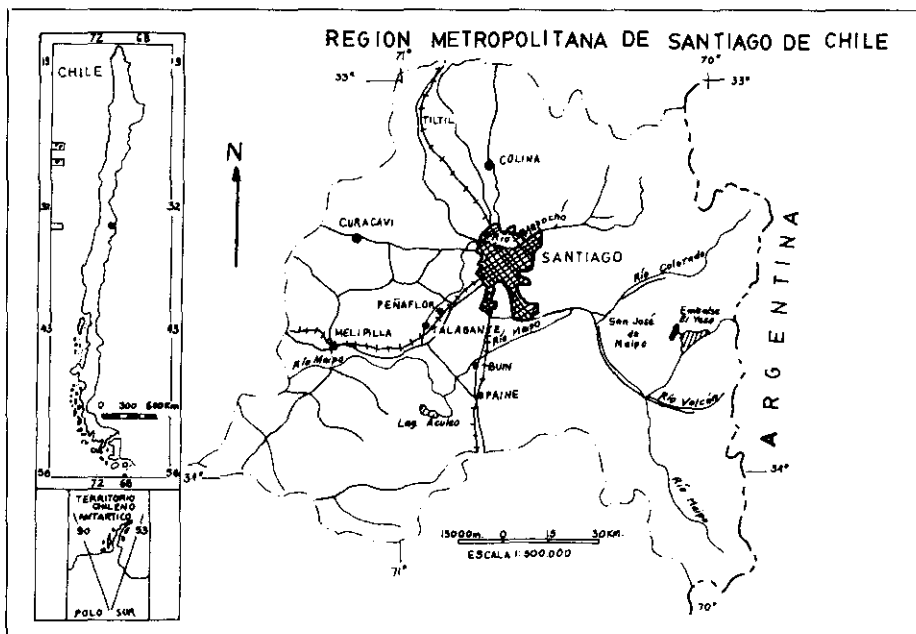


Figura 1.—Localización Área de Estudio.

ble distinguir tres grandes unidades de relieve: la cordillera de los Andes, la depresión intermedia y la cordillera de la costa.

En la fosa tectónica de la depresión intermedia se localiza la «cuenca de la ciudad de Santiago», enmarcada entre cordones montañosos por los cuatro puntos cardinales. Las dimensiones aproximadas de la cuenca son de 80 kilómetros en sentido norte-sur y 35 kilómetros en promedio en sentido este-oeste (Borgel, 1983).

La cuenca de Santiago se originó como consecuencia de fenómenos tectónicos combinados con procesos de erosión. Ha sido particularmente rellenada por sedimentos fluviales y fluvio-glaciales provenientes de las hoyas hidrográficas de los ríos Maipo y Mapocho, fluviales de los esteros de Lampa, Colina y Angostura, y cenizas volcánicas. Estos sedimentos sepultan casi totalmente una topografía antigua, emergiendo sus cumbres más altas como cerros islas. La mayor parte de los sedimentos que la rellenan provienen de la hoya superior del río Maipo, conformando el cono de ese río el elemento morfológico dominante y el cual ocupa más del 50 por 100 de la superficie de relleno. La ciudad, especialmente en su parte septentrional, es atravesada por el río Mapocho, afluente principal del sistema Maipo y que le llega a éste desde la vertiente norte. Esta situación física del entorno de la ciudad le otor-

ga un particular encierro orográfico a la capital de Chile, lo que incide principalmente sobre la circulación atmosférica y en las condiciones climáticas de ella, lo cual genera la ocurrencia de un fenómeno de inversión térmica, quien es el principal responsable de la alta polución del aire de la ciudad.

Las características climáticas de la Región Metropolitana corresponden al «tipo mediterráneo», de larga estación seca e invierno lluvioso. La temperatura media anual de la ciudad de Santiago llega a 13,9°C, mientras que el promedio del mes más cálido (enero) alcanza a los 22,1°C y la del mes más frío (julio) a 7,7°C.

El monto de las precipitaciones presenta una cierta variabilidad atendiendo que ellas se registren cerca de la cordillera costera por la cual entra una cierta influencia oceánica, o hacia el norte, más seco que el sector sur y que aquella del piemont andino. En consecuencia, los totales anuales fluctúan entre los 310 mm y los 480 mm en otros lugares de la capital, y por ello es que se habla de un promedio anual total de 356,2 mm de agua. En general entonces, las precipitaciones decrecen desde la cordillera costera hacia la depresión intermedia para aumentar nuevamente hacia la cordillera andina; visualizándose así las líneas bioclimáticas generales de la Región y de la zona central de Chile. Las lluvias se concentran entre los meses de mayo y agosto (78,3 por 100) y están prácticamente ausentes en verano, cuando el ciclo ve-

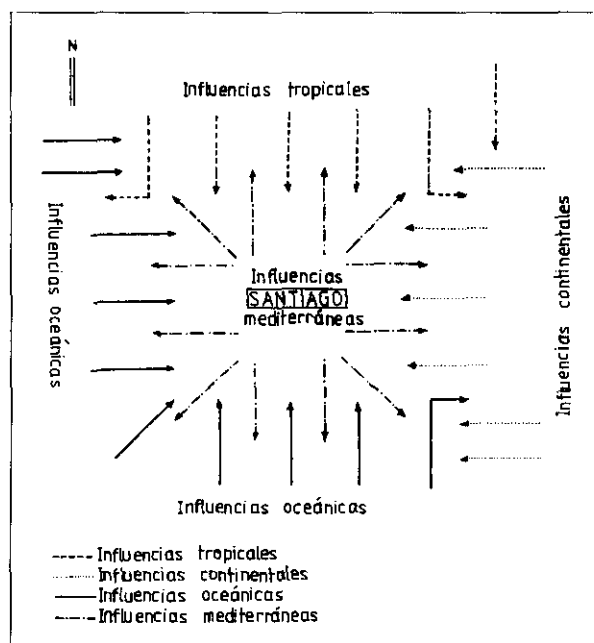


Figura 2.—Juego de interrelaciones de tendencias climáticas en Chile (Di Castri y Hajek, 1976).

getativo de las plantas se halla en plena vigencia, situación que evidencia la necesidad de traer agua de la cordillera para organizar el riego como condición previa para todo intento agrícola serio (F. Gutiérrez y P. Larraín, 1986). Las interrelaciones de tendencias climáticas también están condicionadas en la ciudad por su entorno orográfico, el que potencia igualmente influencias provenientes del weste y del sur (Fig. 2).

La vegetación en la Región está profundamente alterada por la acción antrópica, la cual se inició desde la misma época en que los conquistadores españoles fundaron la ciudad de Santiago en el año 1541. El bosque esclerófilo de tipo mediterráneo ha retrocedido en grandes extensiones hacia los cordones montañosos y piemont de éstos, el cual posee hoy día comunidades de tipo sabana a «espinal» (*Acacia caven*) según (Quintanilla, 1983).

Este dismantelamiento de la vegetación ha provocado, en extensas superficies de laderas, la pérdida del suelo fértil y el desencadenamiento a su vez de procesos erosivos. Cuando las precipitaciones de invierno superan los 18 mm en dos o tres horas, suelen producirse deslizamientos y aludes, quienes descendiendo por las pendientes impactan el área periférica urbana, particularmente hacia el oriente de la ciudad.

VULNERABILIDAD Y RIESGOS NATURALES DE LA CUENCA DE SANTIAGO

La fragilidad de los ecosistemas naturales periféricos de la ciudad de Santiago ha sido producto principalmente del desequilibrio entre las variables geomorfológicas, climáticas y vegetacionales y el efecto de la actividad antrópica sobre ellas. La vulnerabilidad de la cubierta vegetal y de los componentes del suelo ante las acciones humanas fundamentalmente determinan el grado de fragilidad de los sistemas naturales.

El área administrativa de la capital del país (provincia de Santiago) constituye el territorio más urbanizado de la Región Metropolitana, por lo que sus ecosistemas naturales están profundamente transformados (Fig. 3).

TIPOS DE RIESGOS

Los riesgos sísmicos: Los eventos sísmicos forman parte de la historia natural y contemporánea de Chile. El relieve estructural del territorio chileno se inserta en el margen occidental sudamericano, el cual por constitución geológica y situación geotécnica es conocido como una de las regiones de mayor inestabilidad estructural del globo, denominado por ello «cinturón de fuego del Pacífico». El territorio nacional registra en los últimos siglos una larga historia de cataclismos, terremotos y tsunamis.

CARTA DE IMPACTO SOBRE EL MEDIO EN LA REGION METROPOLITANA DE SANTIAGO

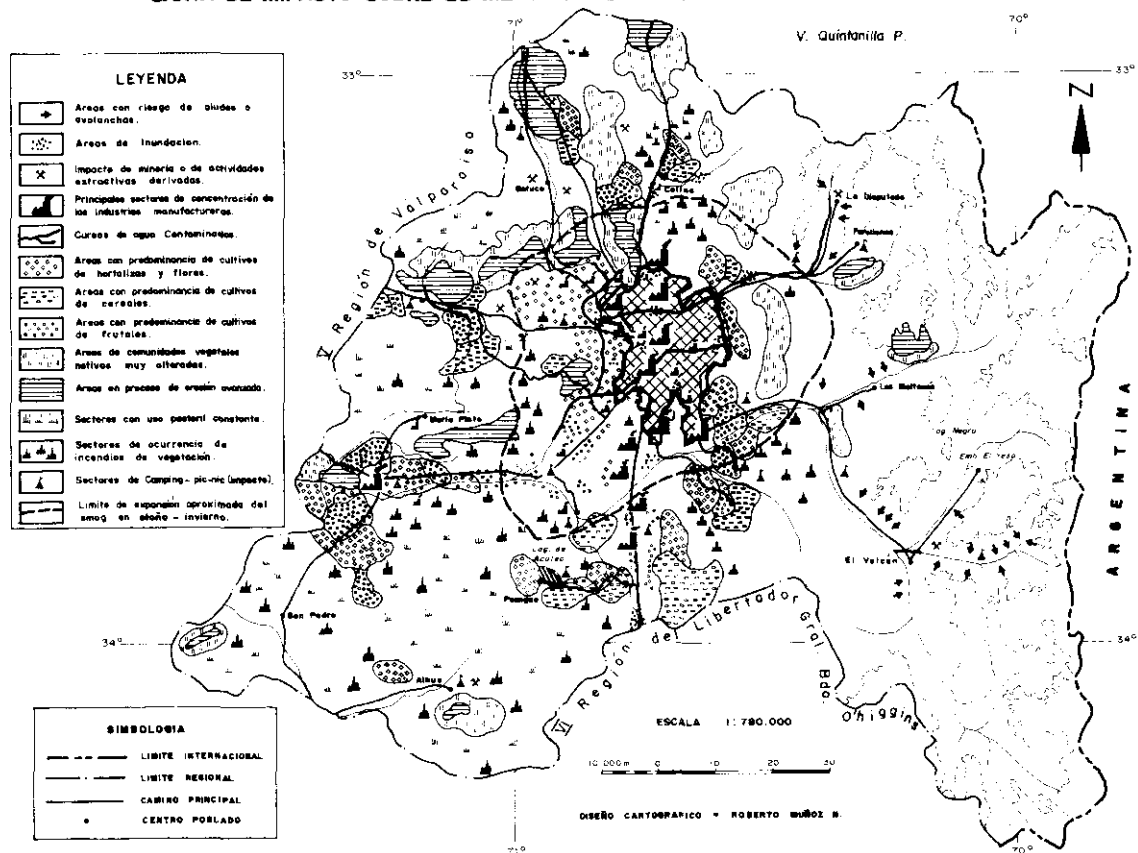


Figura 3.

La actividad śsmica en Chile se ha distribuido de manera desigual en el territorio. Donde se emplaza la ciudad de Santiago corresponde a la segunda zona śsmica, la cual se extiende desde los 26° S a los 36° sur.

Desde el punto de vista de los epicentros śsmicos, la ciudad de Santiago se encuentra afectada por focos cordilleranos andinos y de cadenas costeras, como tambín otros que se localizan en alta mar. Las distintas unidades de suelo que posee la ciudad tienen un comportamiento diferente desde el punto de vista śsmico. Ello ha obligado al país a implantar una estrategia para las construcciones frente a los seísmos, adoptándose medidas para el cálculo estructural como base del diseño antisísmico (Fig. 4). Hasta el 3 de marzo de 1985 la ciudad de Santiago ha soportado 12 grandes terremotos desde el año 1575 y que superaron la magnitud siete de la escala de Mercalli. Dicho rango equivale a una destrucción aproximada del 50 por 100 de las construcciones.

Riesgos geomorfológicos y climáticos: Los ecosistemas naturales del entorno de la ciudad de Santiago están profundamente alterados, y en consecuencia los impactos ambientales que se suceden en la actualidad contribuyen a degradar aún más estos medios poco estables.

Un tipo de riesgo natural poco frecuente en la zona se relaciona con las erupciones volcánicas, quienes tienen su centro en la parte alta de la cordillera andina, pudiendo tener impactos importantes en las infraestructuras humanas de esas áreas. Por esta causa el Ministerio de la Vivienda y Urbanismo de Chile señala un área de restricción de 20 kilómetros en forma de radio concéntrico a cada volcán. Existen cinco volcanes localizados en la cordillera de la Región Metropolitana, de los cuales dos están extinguidos. Las últimas erupciones se sucedieron en los años 1961 y 1968 del volcán Tupungatito, situado a 5.640 metros sobre el nivel del mar.

Otro tipo de procesos que efectivamente producen cada cierto tiempo impactos recurrentes en el medio son las avalanchas de nieve y de hielo. En las pendientes que poseen valores entre 30° y 45° la estabilidad del manto de nieve es muy crítica, generándose durante los inviernos y parte de la primavera en la alta cordillera (por sobre los 2.500 metros) numerosas avalanchas de nieve y de hielo, ocasionando algunos desastres. El último caso al respecto que puede citarse corresponde a la avalancha del 27 de noviembre de 1987, ocurrida en la alta cordillera del río Maipo y que a su paso destruyó un campamento minero (El Alfalfal) situado a 1.800 metros sobre el nivel del mar, sepultando a 33 personas.

Sin embargo, los procesos geomórficos que afectan con mayor frecuencia al casco urbano de la ciudad de Santiago son los aluviones.

Estos procesos están con frecuencia ligados a condiciones climáticas que se suceden durante las estaciones de otoño e invierno. A su vez la acción combinada de diversos mecanismos de transporte de materiales, relacionados con los procesos de meteorización y gelifración que afectan a las rocas,

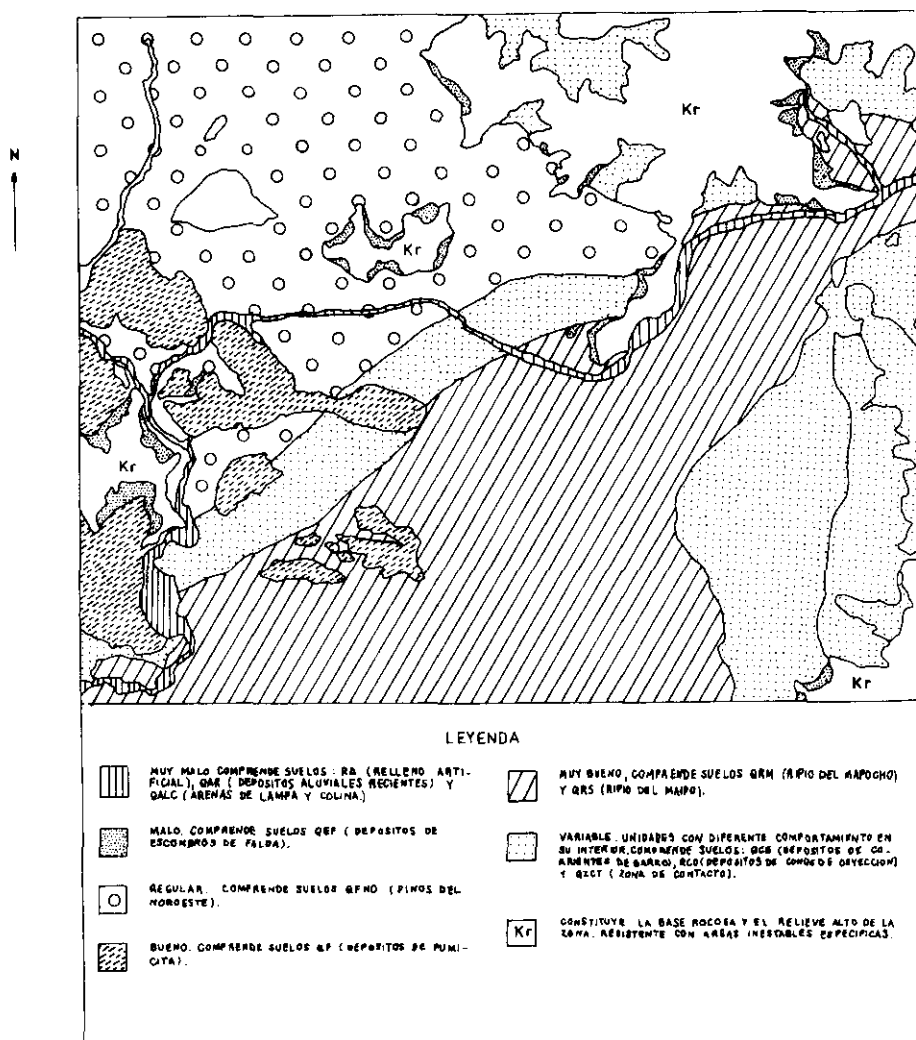


Figura 4.—Comportamiento de los suelos de Santiago frente a fenómenos sísmicos (Valenzuela, 1978).

determinan formas diferentes de deslizamientos, los cuales adquieren una complejidad mayor al considerar las condiciones del subsuelo, las pendientes del terreno, los movimientos tectónicos. A todo esto se suma además el rol de la erosión. El relieve montañoso de la periferia de Santiago está profundamente alterado hasta la media montaña (más o menos a los 1.500 metros): la vegetación ha sido sostenidamente degradada dejando extensas superficies

de suelo sin una cubierta orgánica protectora. Al producirse en ocasiones durante el invierno lluvias intempestivas con un monto total de 20 25 mm en pocas horas se han producido aluviones y deslizamientos en las quebradas de la precordillera. El 3 de mayo de 1993 una precipitación de sólo 22 mm en tres horas ocasionó un fuerte aluvión en las colinas del oriente de Santiago, provocando graves daños en poblaciones periféricas de la ciudad, hecho en el que además perecieron 11 personas.

Deslizamientos menores ocurren a menudo en el casco urbano de la ciudad a causa de lluvias violentas y de la inestabilidad de los taludes, colmatando canales de riego y bloqueando rutas periféricas.

Otro fenómeno natural vinculado a las condiciones climáticas imperantes durante el otoño e invierno en Santiago son las inundaciones, las cuales también se suceden regularmente casi todos los años. Quizás éste es el riesgo natural que en términos de frecuencia y daños constituye el más grave e importante evento ambiental para la ciudad, accionado por el desnivel de su suelo. Puede señalarse que entre 1982 y 1992 la ciudad se ha visto afectada por seis fenómenos de importancia, no sólo en cuanto al número de víctimas sino también, en lo referente a daños materiales a las personas y a la economía. Por otra parte, el nudo central de la ciudad posee focos viales de inundaciones periódicas durante el invierno (Fig. 5).

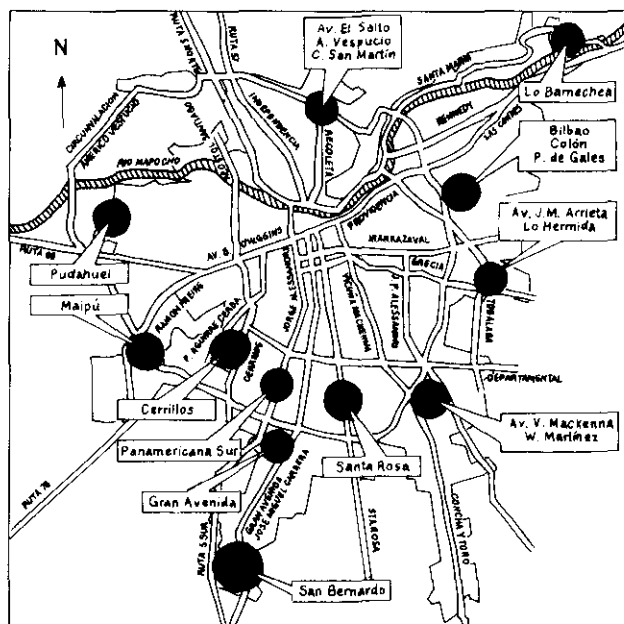


Figura 5.—Sectores críticos de inundaciones de la ciudad de Santiago de Chile.

Las inundaciones de 1982 afectaron a 11.000 personas, las del año 1984 a 30.000 personas. Las de junio de 1986 dejaron un saldo de 22.000 damnificados, en tanto que los daños a obras estructurales y labores productivas superaron los 55.000.000 de dólares USA, cifra cercana al 50 por 100 de la inversión municipal de toda el Area Metropolitana (Gutiérrez y Larraín, *op. cit.*, 1986).

El origen de este fenómeno se debería a la invasión de masas de aire de tipo frontal predominantemente cálidas y cargadas de humedad, las que debido a sus altas temperaturas generan un ascenso en el límite inferior de los nieves, el que normalmente se sitúa en invierno por debajo de los 2.000 metros sobre el nivel del mar, y durante estos eventos, éste asciende a una altitud de los 2.400-2.500 metros; situación que implica el escurrimiento de importantes volúmenes de agua hacia la cuenca de Santiago, las que sumándose a las precipitaciones caídas en ella saturan todos los sistemas y los desbordan.

Las heladas es otro tipo de riesgo climático que afecta a la metrópoli santiaguina. Ellas se concentran durante el invierno, pero las de mayor riesgo son las que suceden durante la primavera (septiembre a noviembre), las cuales coinciden con las etapas de crecimiento de cultivos importantes en la región, representado en consecuencia un riesgo serio para dicha actividad.

En la cordillera andina de Santiago este fenómeno suele afectar a veces con rudeza al ganado y a los excursionistas, ocasionado pérdida de vidas humanas.

Los incendios forestales es otro agente degradante de los medios naturales que rodean a la ciudad de Santiago, los cuales dañan pastizales, matorrales o bosques, sean éstos artificiales o nativos.

Si bien es cierto que estos siniestros no son generados por elementos climáticos, ellos contribuyen poderosamente a su expansión (altas temperaturas, fuertes vientos). Como se suceden durante la larga estación seca y calurosa (octubre a marzo), las altas temperaturas del estío, la vegetación fuertemente deshidratada y la circulación atmosférica coayudan a su extensión y duración. El causante de estos eventos es casi siempre el hombre a través de roces agrícolas, a fuego, caza deportiva, campings y quemas malintencionadas. A un largo período de lluvias invernales se incrementa el desarrollo de arbustos y pastos, aumentando el combustible para los incendios.

Los meses más propensos para estas catástrofes corresponden entre diciembre y febrero. Desde hace diez años los numerosos siniestros sobrepasan los 130 por temporada (entre 1983 y 1984 hubo 680 fuegos en la temporada) y la superficie afectada supera anualmente las 1.000 hectáreas. Con frecuencia durante temporadas sucesivas se vuelven a quemar los mismos territorios.

En esos casos la combustibilidad del medio es uno de los agentes que va posteriormente acelerando la erosión hídrica y eólica de estos suelos.

En varias oportunidades estos siniestros han afectado hábitats humanos del área subrural de la capital, dañando principalmente cultivos y ganado.

Por otra parte, este fenómeno enrarece considerablemente el aire de la capital, dado que la circulación de los vientos, de valle a cordillera, transportan las partículas a la ciudad y por el proceso de inversión térmica incrementan el volumen de smog diario de su atmósfera.

CONCLUSIONES

La ciudad de Santiago de Chile está expuesta permanentemente, sobre todo durante las estaciones de otoño e invierno, a los efectos de numerosos procesos naturales y en que la mayoría de ellos se originan en los relieves cordilleranos que rodean a una ciudad populosa, cuya área de expansión de construcción habitable se aproxima a la cota de los 1.000 metros sobre el nivel del mar.

Inundaciones, aluviones, avalanchas, derrumbes, deslizamientos son los tipos de fenómenos que anualmente ponen en riesgo casi permanente a las infraestructuras y habitantes de la capital chilena, todo lo cual, por lo demás, frena y perjudica su calidad de vida (Gross *et al.*, 1979).

Históricamente la actitud del chileno respecto a estos fenómenos de remoción en masa ha tenido un carácter fatalista, asumiendo que estos procesos corresponden a catástrofes naturales de comportamiento y efectos imprevisibles. Chile, en virtud de su conformación eminentemente montañosa, ha debido forzar la ocupación en términos de desarrollo y concentración poblacional en zonas geodinámicamente activas. Éstas constituyen ambientes muy propicios para que con condiciones pluviométricas adversas, movimientos sísmicos y erupciones volcánicas se desencadenen remociones en masa como avalanchas, deslizamientos, desprendimientos, flujos, lahares, etc.

Una de las alternativas para atenuar los efectos de estos procesos geomórficos, referidos al riesgo que representan sobre los bienes, salud y seguridad es conocer su dinámica natural, con ideas a concretar políticas de prevención y control, en el marco de una planificación nacional. En estos últimos años estos estudios se han iniciado en el país, ocupando en éstos un rol importante los geógrafos chilenos.

Otra estrategia de acción está orientada a la elaboración de Cartas de Riesgos Geológicos y Geomórficos, planes de actuación ante emergencia y diseño de medidas de control, acompañado de actividades de divulgación, que conduzcan al establecimiento de normativas de planificación y construcción y al ordenamiento del suelo y de las edificaciones, con el objeto de dar a la población las máximas condiciones de seguridad.

BIBLIOGRAFÍA

- BORDE, J. (1960): «Les Andes de Santiago et leur avant-pays», *Union Française d'Impression*, 555 pp., Bordeaux.
- BRGEL, R. (1983): *Geomorfología*, tomo II de la Colección de Geografía de Chile, 230 pp. Ed. Inst. Geográfico Militar, Santiago.
- GROSS, P.; MATAS, J.; OTAVA, F., y DE LA FUENTE (1979): «La calidad del medio ambiente físico en el área metropolitana de Santiago de Chile», Seminario CIFCA-ILPES, *Revista Eure*, núm. 15, Santiago.
- GUTIÉRREZ, F., y LARRAIN, P. (1986): «Bases, patrones productivos y potencialidades del sistema natural», en vol. *Geografía de la Región Metropolitana de Santiago*, 294 pp., Ed. Inst. Geográfico Militar, Santiago.
- QUINTANILLA, V. (1983): *Biogeografía de Chile*, 232 pp., vol. III: Colección Geografía de Chile, Ed. Inst. Geográfico Militar, Santiago.
- (1991): *Cartografía preliminar de riesgos de montaña en ecosistemas de la hoya superior del río Maipo* (33° lat. sur en Chile), Comunicación en el I^{er} Congreso Nacional de Geociencias, VIII-Santiago.
- (1992): «Cartografía ambiental de Santiago Metropolitano», 43 pp., 2 cartas a color, *Rev. Contrib. Cient. y Tec. Área Geociencias*, VII, Universidad de Santiago de Chile, núm. 92.
- (1992): «Zonación de riesgos de montaña en base a la determinación de procesos de remoción en masa: estudio de casos en los Andes de Chile Central (32° lat. sur), en *Rev. Boletín de Lima*, pp. 33-44, vol. XIV, núm. 84, Perú.
- SERPLAC (Intendencia de Santiago) (1986): *Geografía de la Región Metropolitana de Santiago de Chile*, 290 pp., Ediciones del Instituto Geográfico Militar, Santiago.
- VALENZUELA, G. (1978): «Suelos de fundación del Gran Santiago», Instituto de Investigaciones Geológicas, *Boletín* núm. 33, Santiago.